GELD HALL STACKS

BETRACHTUNGEN ÜBER DIE MASCHINE UND DEN MASCHINENBAU.

FESTREDE

BEI DEM

FEIERLICHEN AKTE DES REKTORATS-WECHSELS

AN DER

GROSSH. TECHNISCHEN HOCHSCHULE

ZU KARLSRUHE

AM 25. NOVEMBER 1899

GEHALTEN VON DEM REKTOR DES JAHRES 1899/1900

ERNST A. BRAUER

HOFRAT UND PROFESSOR FÜR MASCHINENWESEN.

KARLSRUHE

DRUCK DER G. BRAUN'SCHEN HOFBUCHDRUCKEREI.

1899.

Learning and Labor.
LIBRARY
OF THE
University of Illinois.
CLASS. BOOK. VOLUME.
621 B73
Accession No.

BETRACHTUNGEN ÜBER DIE MASCHINE UND DEN MASCHINENBAU.

FESTREDE

BEI DEM

FEIERLICHEN AKTE DES REKTORATS-WECHSELS

AN DER

GROSSH. TECHNISCHEN HOCHSCHULE

ZU KARLSRUHE

AM 25. NOVEMBER 1899

GEHALTEN VON DEM REKTOR DES JAHRES 1899/1900

ERNST A. BRAUER

HOFRAT UND PROFESSOR FÜR MASCHINENWESEN.

KARLSRUHE.
DRUCK DER G. BRAUN'SCHEN HOFBUCHDRUCKEREI.
1899.

Digitized by the Internet Archive
in 2019 with funding from
University of Illinois Urbana-Champaign Alternates

https://archive.org/details/betrachtungenube00brau

621
B73

Hochgeehrte Herren!
Liebe Commilitonen!

Smithson. Inst. exch. Internat.

Die Technik der Neuzeit wurde schon oft und bei sehr verschiedenen Anlässen als derjenige Zweig menschlichen Schaffens bezeichnet, welchem das scheidende Jahrhundert sein eigenartiges Gepräge verdankt.

Reichen auch die Anfänge technischen Könnens zurück in längst vergangene Zeiten, aus denen uns bewundernswürdige Werke der Ahnherrn heutiger Ingenieure erhalten sind, so hat doch im 19. Jahrhundert die Technik einen Einfluss auf die Gestaltung aller Lebensverhältnisse in den Kulturstaaten gewonnen, welcher nicht seines Gleichen hat.

Und im Mittelpunkt technischen Wirkens steht die Maschine, der dienstwillige Sklave der neuen Zeit, das wunderbare Werk menschlicher Kunst, welches, durch die Kräfte der Natur beseelt, zu schaffendem Leben erwacht. Auf allen Gebieten menschlicher Betriebsamkeit regen die vielgestaltigen Geschöpfe ihre kunstvollen Glieder, in alle Zweige der Technik sind sie eingedrungen, haben menschliche Arbeit ersetzt, verdrängt, überholt, und die neuen Geschlechter der Menschheit so an ihre Existenz, an ihre Hilfe gewöhnt, dass uns ein Leben ohne sie als schwere Strafe erscheinen müsste.

Wenn wir das menschliche Leben als köstlich preisen, wenn es reich ist an Mühe und Arbeit — dürfen wir dann nicht auch von einem »Leben der Maschine«, der immer arbeitenden sprechen? Darf man nicht versuchen, einen Gesichtspunkt zu gewinnen, von

45870

welchem aus die Maschine eingeordnet erscheint in die Reihe der natürlichen Geschöpfe? Und sollte es nicht einen gewissen Nutzen haben, in dieser Einordnung einerseits die Maschine in dem Lichte zu betrachten, welches wir der Kenntnis der Lebewesen verdanken, andererseits unser Wissen von der Maschine zur Beurteilung natürlicher Geschöpfe, insbesondere auch der Menschen zu verwerten, von ihr zu lernen?

Wie der Wanderer an wichtigen Punkten seines Weges zur Karte greift, wie der Seemann von Zeit zu Zeit die Gestirne nach dem Ort befragt, an dem er sich befindet, so muss auch die Wissenschaft mitunter Atem schöpfen von der Tagesarbeit, und, den Blick erhebend, Umschau halten, um zu erkennen, was hinter ihr, vor ihr und neben ihr liegt.

Diese Erwägungen mögen es rechtfertigen, wenn ich den feierlichen Anlass des heutigen Tages zu Betrachtungen benutze, in denen die Maschine Gegenstand einer — gewissermassen biologischen — Studie bildet, wenn ich versuche, den Lebenslauf der Maschine als Individuum zu schildern, wie man die Naturgeschichte eines Wesens darstellt, dann aber weiter auf die Geschichte der Gattung eingehe, welche dieselben gesetzmässigen Erscheinungen aufweist, wie sie im Kampf ums Dasein bei den Arten natürlicher Lebewesen wirken, Vererbung und Anpassung.

Alles Verstehen ist nur ein Vergleichen. Bildet die Gleichung, das tägliche Brot unserer Alltagsarbeit, den logisch schärfsten Ausdruck des Vergleichs, bindet sie die Begriffe wie mit Eisenklammern zu festem Gefüge, so ist das Gleichnis ein leichtes Band, welches, um verwandte Begriffe geschlungen, sie zwanglos ordnet oder zu ordnen versucht.

Möge heute das Gleichnis unseren Gedanken als Leitfaden genügen, und möge das leichte Band uns zugleich an die Stätten führen, wo der Maschineningenieur seinen schwierigen und doch so reizvollen Beruf ausübt.

Die Maschine greift so vielfach in das Leben jedes Kulturmenschen ein, dass sie sich eine allgemeine äusserliche Bekanntschaft erzwingt; aber wenige, die nicht berufsmässig in den Maschinenbauwerkstätten zu thun haben, können die Summe von geistiger und körperlicher Arbeit würdigen, welche hinter den oft wenig einladenden

Mauern geleistet werden muss, bis eine Maschine erstellt ist, können sich vorstellen, wie daselbst nicht nur der einfache Handarbeiter sein Brot findet, sondern auch Kräfte von hoher geistiger Begabung sich erfolgreich bethätigen können und müssen.

Werfen wir zunächst einen Blick auf die niederste Stufe maschinenbaulicher Thätigkeit, auf die Erstellung einer Maschine bekannter Art und Grösse, so tritt uns schon hier eine grosse Mannigfaltigkeit der Aufgaben entgegen.

Nicht wie der bildende Künstler, der nach geistigem Bild und eigenem Urteil selbst das Werkzeug führt, kann der Maschinenbau arbeiten. Mit wenigen Ausnahmen bedingt die Arbeitsteilung eine Willensübertragung von dem Befehlenden zum Ausführenden. Das Mittel hierzu ist die Werkzeichnung.

Jeder Teil der Maschine muss mit allen seinen Formeinzelheiten durch Abbildungen so dargestellt werden, dass der wenig geschulte Verstand des Handarbeiters sich die körperliche Erscheinung vorstellen und sie mit der nötigen Genauigkeit ausführen kann. Die meisten Abmessungen müssen auch noch mit Zahlen ausgedrückt werden, um die Ausführung von den unvermeidlichen Änderungen des Papiers und kleinen Ungenauigkeiten der Darstellung unabhängig zu machen, giebt es doch manche Masse, welche mit einer Genauigkeit von Hundertstel Millimetern innegehalten werden müssen, um das richtige Zusammenpassen verschiedener Teile zu ermöglichen.

So einfach anscheinend diese Arbeiten sind, so wichtig und verantwortungsvoll ist doch ihre gewissenhafte Erledigung. Jedes Versehen beim Zeichnen, jeder Irrtum beim Einschreiben der vielen Masszahlen kann grosse Verluste im Gefolge haben. Aber auch Unvollständigkeiten, die sich besonders Anfänger häufig zu Schulden kommen lassen, erschweren und verlangsamen den Fortgang der Werkstattarbeit. Wie gross der Umfang der Zeichenarbeit ist, mag daraus ersehen werden, dass zur Anfertigung einer Lokomotive mehrere Hundert Zeichnungen erforderlich sind.

Die Anfertigung dieser Zeichnungen nimmt einen grossen Teil der Berufsarbeit des Maschinen-Ingenieurs oder Technikers in Anspruch. Ist auch dazu im allgemeinen eine Hochschulbildung nicht erforderlich, vielmehr diejenige Schulung vollkommen ausreichend, wie sie auf den technischen Mittelschulen erworben wird, so muss

doch jeder Ingenieur, der höhere Ziele im Auge hat, längere oder kürzere Zeit auf dieser Stufe verweilen, und die Gewandtheit und Zuverlässigkeit in der Erledigung dieser Arbeiten ist es, wonach die von der Hochschule kommenden jungen Ingenieure meist in ihren Anfangsstellungen beurteilt werden, wovon ihr Vorwärtskommen zunächst abhängt. Anfänger verfallen hierdurch leicht der Täuschung, die Anforderungen dieser Stufe mit den Aufgaben des Ingenieurs überhaupt zu verwechseln.

Verfolgen wir die Lebensgeschichte der Maschine weiter, so sehen wir nun die Zeichnungen in die verschiedensten Werkstätten wandern, in viele Hände übergehen, welche unabhängig von einander auf dasselbe Ziel losarbeiten. Einzelne Zeichnungen kommen in die Modellschreinerei, woselbst Holzmodelle oder Schablonen zur Herstellung der Sandformen für die Eisen- oder Metallgiesserei gemacht werden, andere nehmen ihren Weg in die Schmiede, wo unter Dampf- oder Handhämmern die Schmiedeteile ihre rohe Form erhalten. Die weitere bei den meisten Maschinenteilen nötige Arbeit erfolgt in kaltem Zustand, auf Drehbänken, Hobelmaschinen, Fräsen oder von Hand mit Meisel und Feile. Die fertigen Teile gelangen in die sogenannte Montierwerkstätte, wo sie zur Erprobung der richtigen Bearbeitung zusammengesetzt werden. Bei manchen Maschinen, z. B. den Nähmaschinen, Strickmaschinen, Handfeuerwaffen, welche in grossen Mengen ausgeführt werden, ist es gelungen, die Feile beim Zusammenbau vollständig entbehrlich zu machen. Hier ist daher die allergrösste Genauigkeit in der Teilbearbeitung erforderlich. Der Nutzen liegt aber nicht nur in der Ersparung von Arbeit in der Montierwerkstatt, sondern ganz besonders auch in der Möglichkeit, Ersatzteile zu liefern, ohne die ganze Maschine verschicken zu müssen. Je grösser die Entfernung von der Werkstatt bis zur Arbeitsstätte der Maschine, umso höher ist dieser Vorteil in Anschlag zu bringen. Für die Lieferung ins Ausland ist er geradezu eine Notwendigkeit, die auch in Deutschland immer mehr erkannt wird.

Bei näherem Betrachten der Werkstattarbeiten, wozu uns leider heute die Zeit fehlt, würden wir Veranlassung finden, die Geschicklichkeit vieler Arbeiter und die Zweckmässigkeit des Ineinandergreifens des Betriebes zu bewundern. Mancher berusste Gesell, der uns kaum

einen Blick abnötigt, wenn er auf der Strasse unsren Weg kreuzt, würde sehr in unserer Achtung steigen, wenn wir den ganzen Umfang seiner Erfahrungen, Fertigkeiten und Kenntnisse ausgebreitet vor uns sähen.

Der Ingenieur muss die Arbeiter, diese lebendigen Kräfte, genauer kennen. Er muss imstande sein, ihre Fähigkeiten zu würdigen und sich über alle Einzelheiten der Arbeit mit ihnen zu verständigen; denn auch die Werkstattarbeit nimmt seine Thätigkeit oft in Anspruch. Wennschon die Beaufsichtigung in den einzelnen Werkstätten Sache der Werkmeister ist, die in der Regel aus dem Arbeiterstande hervorgegangen sind, so liegt es doch vielfach einem Betriebs- oder Werkstattingenieur ob, die Oberaufsicht über die verschiedenen Werkstätten zu führen. Aber auch für die Anfertigung der Werkstattzeichnungen ist die genaue Kenntnis des Arbeitsganges notwendig. In allen diesen Beziehungen kann die Schule nur wenig erreichen. Es ist daher unerlässlich für die tüchtige Durchbildung des Maschineningenieurs, dass er einige Zeit selbst das Werkzeug führt, mit dem Arbeiter in Reih und Glied steht, und dass er mit dem Material vertraut wird.

Wenn immer es möglich ist, sollte die Maschine, ehe sie die Werkstatt verlässt, einer Arbeitsprobe unterworfen werden, um Mängel, die sich dabei zeigen noch beseitigen zu können. Mehr und mehr führt sich dieser Gebrauch ein, selbst für ziemlich grosse Maschinen, die dazu auf provisorischen Fundamenten aufgestellt werden müssen. Mühe und Kosten werden belohnt durch die Sicherheit, mit der die Maschine hinaus geschickt, einem fremden Urteil übergeben werden kann. Bei der Arbeitsprobe wird nicht nur der tadellose Gang, sondern oft auch die Grösse der Leistung und des Bedarfs an Verbrauchsstoffen ermittelt. Die Maschine muss eine Mässigkeitsprüfung ablegen; selbst jedes Liter Wasser wird ihr nachgerechnet und ins Zeugnis geschrieben.

Die Gangproben sowohl wie die Erprobung der Maschinenbaumaterialien sind ebenfalls Sache des Ingenieurs. Sie erfordern gründliche Einsicht in die Vorgänge, die sich in der Maschine abspielen. Diese zu gewähren gehört zu den erreichbaren Zielen des höheren technischen Unterrichts; doch ist die Beschäftigung mit der Maschine selbst hierzu erforderlich, um eine hinreichende Zahl geistiger Fäden

von der abstrakten Darstellung des Vorgangs bis zur sinnlichen Wahrnehmung seiner äusseren Erscheinung zu spannen. Hier liegt die Aufgabe des mechanischen oder Maschinen-Laboratoriums, dessen Notwendigkeit als Unterrichtsmittel im Maschinenbau erst in der neuesten Zeit allgemein anerkannt worden ist.

Erst, nachdem die Maschine die Werkstatt verlassen hat und in Gebrauch genommen wird, beginnt mit ihrer Arbeit das eigentliche Leben. Teils gleicht es dem Dasein der am Boden haftenden Pflanze, teils vollzieht es sich in beständigem Ortswechsel wie beim Tier.

Ist die Arbeit dem Organismus der Maschine wohl angepasst, so bietet dieselbe das erfreuliche Bild des rüstigen, gesunden Arbeiters, der sich zwar anstrengt, aber nicht überanstrengt. Wie dieser kann die Maschine ein hohes Lebensalter mit andauernder Arbeitskraft erreichen. Doch auch den Maschinen werden mitunter Anstrengungen zugemutet, die ihre Kräfte übersteigen, wennschon vielleicht seltener als Menschen und Tieren, treten doch die schädlichen Folgen der Überbürdung schneller und auffälliger hervor als bei diesen. Wie im Fieber erhitzen sich dann mitunter die Gelenke, die Güte der Arbeit lässt nach, der Verbrauch an Betriebsstoffen — an Öl, Wasser, Kohlen, Gas u. s. w. — nimmt übermässig zu, die Anspannung der Glieder erreicht eine unzulässige Höhe, und die Gefahr eines plötzlichen oder baldigen Endes tritt ein. Aber nicht nur an Überbürdung, sondern auch aus anderen Gründen können Maschinen erkranken. Manchen Maschinen, z. B. den Dampfkesseln, schadet schon ein kalter Luftzug, andere sind sehr empfindlich gegen staubige Luft, wieder andere gegen unreines Wasser oder Öl.

Eine hervorragende Eigenschaft der gesunden, normal belasteten Maschine ist die Zuverlässigkeit und Gleichmässigkeit ihrer Arbeit. Durch eiserne Regeln und Gesetze ist ihr und ihren Gliedern die Bahn für alle Bewegungen vorgezeichnet; und dennoch, indem sie sich nicht dagegen auflehnt, sondern sie achtet, bewegt sie sich leicht und sicher, scheinbar ohne lästigen Zwang in den Banden, treu ihrer Arbeit, ihrer Pflicht, so wenig abwechslungsreich dieselbe auch sein mag. Es ist vielleicht gewagt, Worte hier zu benützen, welche psychische Eigenschaften ausdrücken wie Treue und Pflicht, verbinden wir doch damit die Vorstellung der Willensfreiheit, des Handelns

nach einer geistigen Richtlinie, dem Gewissen, dem bürgerlichen oder dem Sittengesetz. Aber sind nicht diese unsichtbaren Bahnen, in denen sich unser Handeln bewegt, auch ohne unsern Willen gezogen, bilden sie nicht einen geistigen Mechanismus, welcher Thun und Lassen mit segensreichen Banden umgiebt, so lange nicht der freie Wille diesen Mechanismus zerstört. Nicht vergebens sucht man übrigens bei der Maschine nach Anklängen an Willensäusserungen, an Gewissen und moralische Entschliessung, d. h. Entschliessung im Sinne vollkommener Pflichterfüllung nach Massgabe äusserer Umstände. Ist nicht der Regulator einer Dampfmaschine ein Sinnesorgan, durch welches sie Belastungsänderungen sogleich wahrnimmt, um durch Verstärkung oder Minderung ihrer Leistung den gestörten Beharrungszustand wieder herzustellen, gehören nicht Bruchsicherungen hierher, jene leicht ersetzbaren Teile einer Maschine, durch deren Aufopferung mit blitzartigem Entschluss die Maschine bei eintretender Gefahr ihre Rettung vollzieht? Ist nicht der Kompass des Schiffes ein treffliches Bild des Gewissens?

Von grossem Interesse ist es bei manchen Maschinen, insbesondere den sogenannten Kraftmaschinen, einen Blick in den Haushalt zu werfen, in die Regelung von Einnahme und Ausgabe. Die theoretische Maschinenlehre ist es, welche dieser Aufgabe sich ganz besonders annimmt und bemüht ist, den Haushalt zu einem vorteilhaften zu gestalten. Die Posten, welche hier in Soll und Haben zu Buche stehen, heissen Wärme, Elektrischer Strom, Mechanische Arbeit, Lebendige Kraft, Chemische Spannung, und das gemeinsame Mass heisst Energie. Unser grosser Landsmann, der Heilbronner Arzt Robert Mayer ist es, dem wir dieses Mass, ja noch mehr, die Erkenntnis verdanken, dass ein gemeinsames Mass für diese verschiedenen Begriffe besteht. Unter Benutzung dieser Thatsache hat man gelernt die Energie-Einnahmen und Ausgaben immer schärfer durch Rechnung zu verfolgen und unter Vermeidung unnützer Ausgaben den Betrieb wirtschaftlich immer weiter zu vervollkommnen.

Hierbei ist des Umstandes zu gedenken, dass die Energie einen volkswirtschaftlichen Wert darstellt, also auch in einem Geldbetrag ausgedrückt werden kann, wennschon nicht unabhängig von Ort und Zeit, dass also Energie Sparen Geld Sparen bedeutet.

Wie das Geld oder Geldeswert in einem wirtschaftlichen Gemeinwesen fluktuiert, so ergiesst sich die unsichtbare Energie wie ein belebender Strom in die Maschine, durchdringt nach Bedarf alle ihre Glieder und befähigt sie zur planmässigen Teilnahme an der Leistung nützlicher Arbeit. Auch Sparkassen giebt es bei den Maschinen, in denen aus Zeiten grosser Energieproduktion Vorräte angesammelt werden für Zeiten des Mangels; sie heissen Schwungräder, Accumulatoren, Kraftsammler. Aus ihnen empfängt in Zeiten der Schwäche, z. B. in den toten Punkten, jeder Teil der Maschine einen solchen Energiezuschuss, dass er fähig bleibt, seine Aufgabe an der Gesamtarbeit richtig zu erfüllen. Ist es nicht die Lösung des sozialen Problems, in welchem uns die Maschine schon längst hätte als Lehrmeisterin dienen können? Zeigt sie nicht, dass jeder Teil, dessen Leistungsfähigkeit zum Wohle eines Ganzen beansprucht werden soll, aus den Vorräten des Ganzen erzogen und gekräftigt werden und dass ihm über Zeiten, in denen die Kraft versagt, hinweg geholfen werden muss?

Mit zunehmender Einsicht in den Haushalt der Maschine hat sich auch der Wettkampf um den Preis des höchsten Wirkungsgrades, der grössten Leistungsfähigkeit verschärft, und viele Maschinen fallen diesem Kampfe zum Opfer, lange bevor sie das nach ihrer Organisation mögliche Lebensalter erreicht haben. Mit unbarmherziger Notwendigkeit kürzen auftauchende Verbesserungen die Lebenstage der älteren Maschinen, das Bessere, der Feind des Guten, trägt den Sieg davon.

Den Zeitpunkt, in welchem eine Maschine aus dem Betrieb zurückgezogen wird, hat man als ihre Todesstunde zu bezeichnen. Mit dem Ende der Arbeit endet zugleich ihr Leben, und selbst, wenn sie den Vorzug geniessen sollte, in einer historischen Maschinensammlung Aufnahme zu finden, in welcher ihre Formen späteren Generationen erhalten bleiben, so weilt sie dort als entseelter Leib.

Über das individuelle Dasein weit hinaus geht aber in diesem Falle eine Wirkung geistiger Art. Lange noch kann sie heranwachsenden Geschlechtern als Lehrmittel dienen, während die Mehrzahl ihrer Genossen die Feuerbestattung im Schmelzofen finden, aus dem zwar die Materie wieder in neue Maschinen übergehen

kann, in welchem jedoch alles zerstört wird, was an die bisherige Gestalt und Wirkung erinnerte.

Wenn einleitend darauf hingewiesen wurde, dass das Gattungsleben der Maschine die biologischen Erscheinungen der Vererbung und Anpassung aufweise, so haben wir soeben eine Form der Vererbung kennen gelernt, wenn schon nicht die einzige. Eine Maschine, die ihrem Zwecke gut entsprochen hat, die den Nährboden eines grossen Bedarfs findet, kann, durch Muster oder durch Zeichnung vererbt, den Ausgang für eine grosse Zahl gleichartiger Individuen bilden. Aber wie in der Natur selten oder nie die Nachkommen eines Wesens diesem vollkommen gleichen, so erfahren auch die Maschinen bei der Wiederholung häufig mehr oder weniger erhebliche Veränderungen. Werden dieselben auch wohl meist in der Absicht vorgenommen, den Zweck besser zu erfüllen, so ist doch infolge mangelnder Voraussicht nicht selten auch das Gegenteil der Fall, und erst der praktische Erfolg entscheidet über den Wert einer Variation. Indem nun die wirklichen Verbesserungen Nachahmung finden, die Verschlechterungen möglichst auf das eine Individuum beschränkt bleiben, vollzieht sich mit kleineren oder grösseren Schritten — Rückschritte nicht ganz ausgeschlossen — der Veredelungsvorgang der Maschine als Gattung, ebenso aber auch die Anpassung an neue Lebensbedingungen, neue Aufgaben, durch welche aus einer Maschinenart eine andere Maschinenart hervorgehen kann. So hat sich aus der Wasserpumpe die Luftpumpe, aus dieser die Dampfmaschine entwickelt, welche wiederum den Ausgang für die Konstruktion vieler neuer Maschinen, der Gaskraft-, Benzin-, Petroleummotoren bildete, so ging aus dem Wasserrad die Turbine, das Triebrad der Dampfschiffe, die Propellerschraube hervor, so aus der Drehbank das ganze Heer von Werkzeugmaschinen zur Bearbeitung der Oberfläche von Holz und Metallen, über welches wir heute verfügen. Einen wichtigen Anlass zum Variieren giebt das Patentwesen, indem es den Neuerungen geschäftliche Vorteile einräumt.

Wenn in dem Werdegang der biologischen Arten auch die äusseren Erscheinungen der Vererbung und Anpassung durch die Naturforschung bekannt geworden sind und es einigermassen erklärlich machen, wie sich die Arten der Lebewesen entwickelt haben könnten, so ist doch von der Verfolgung eines bestimmten Zieles

durch einen centralen Willen dem Forscherauge noch nichts erkennbar geworden. Unwissend wie vor Jahrtausenden steht der gelehrte Naturforscher noch heute den Geheimnissen des Schöpfungsplanes gegenüber. Dennoch wird niemand Anstand nehmen, die Summe unserer Kenntnisse von der belebten Natur, die Biologie, eine Wissenschaft zu nennen.

Mit gleichem Recht darf die Maschinenlehre, welche die ungeheure Mannigfaltigkeit der Maschinen beschreibt und erklärt eine Wissenschaft genannt werden, mit grösserem Rechte aber die Maschinenbaukunde, deren Lehren in sehr vielen Fällen den Erfolg von mehr oder weniger über Bekanntes hinausragenden Neuerungen mit grosser Wahrscheinlichkeit voraus sagen lassen, welche im Reiche der Möglichkeiten Ordnung schafft und schon im Geiste das Zweckmässige vom Unzweckmässigen scheiden lehrt, ehe Erfolg oder Misserfolg die kostspieligen Lehrmeister werden. Immer hat man das geistige Vorausschauen künftigen Werdens als die höchste Äusserung des menschlichen Geistes betrachtet, ist es doch der Endzweck alles Wissens, als Fackel zu leuchten, wo die Hand sich rühren soll.

Wie der wissenschaftlich betriebene Maschinenbau es ist, durch welchen die Maschine an Vollkommenheit von Stufe zu Stufe gehoben, den verschiedensten Bedürfnissen des Lebens angepasst und aus einer Art in die andere übergeführt wird, so ist er es auch, der dem Erfinder als Führer zur Seite steht, wenn er mit kühnem Gedankensprung unbekanntes Gebiet erschliesst.

Erkennen wir hier die Höhen, auf denen der wissenschaftlich gebildete Ingenieur sich zu bewegen hat, so erhalten wir zugleich ein Bild von den Aufgaben des maschinentechnischen Hochschulunterrichts, der den Ingenieur für den ganzen Umfang seines Arbeitsgebietes vorbereiten soll.

Lassen Sie uns nochmals bei der Arbeit des Maschineningenieurs verweilen, um einen näheren Einblick in sein Tagewerk höherer Art zu gewinnen.

Wir finden ihn bei der Ausarbeitung eines Maschinenentwurfs, dessen Grundgedanke nicht neu ist, keine Erfindung darstellt, sondern sich an Vorhandenes, gleichviel, ob Gedachtes oder Ausgeführtes anlehnt. Die allgemeine Idee soll unter seiner Hand Leben gewinnen für einen bestimmten praktischen Zweck, sie soll verwirklicht werden mit realen Stoffen von guten und schlechten Eigenschaften, durch

Arbeiter und Werkzeuge von beschränkter Leistungsfähigkeit, für einen Kostenaufwand von begrenzter Höhe, in einem begrenzten Raum, in zugemessener Zeit. Und das zu schaffende Werk, die Maschine, soll befähigt werden, unter der Leitung von noch unbekannten Menschen zu arbeiten, die voraussichtlich wiederum mit menschlichen Fehlern und Schwächen behaftet sein und nur einen mangelhaften Einblick in den Zusammenhang der Maschine haben werden, soll mit einem möglichst geringen, oft genau vorgeschriebenen Betriebsaufwand eine Leistung entwickeln, deren Art und Grösse ebenfalls gegeben ist. Endlich soll aber auch das Werk im ganzen und in seinen Teilen einen wohlgefälligen Eindruck machen.

Wie der Steuermann sein Schiff durch ein Gewirr von Klippen, so muss der Maschineningenieur seinen Entwurf zwischen den verschiedensten Hindernissen hindurch zum Ziele führen. Mögen sie an der Oberfläche liegen oder sich dem unmittelbaren Anblick entziehen; das geistige Auge muss sie erkennen, muss darauf hin geübt und mit den nötigen Hilfsmitteln dazu ausgerüstet sein.

Solche Hilfsmittel, die Ferngläser und Sonden des Schiffers, sind die Hilfswissenschaften, welche in den Studiengang des Maschineningenieurs eingereiht sind, mit denen er sich vertraut machen muss, um eine selbständige Fahrt wagen zu können.

Nicht in bestimmter Reihenfolge, nach irgend einem Rezept kommen die Lehren dieser Wissenschaften zur Geltung, nicht mechanisch dürfen sie benützt werden. Der Fortschritt der Arbeit, die geistige Versenkung in die Aufgabe lässt erst die Punkte erkennen, an denen die eine oder die andere zur Aufklärung herangezogen werden kann und muss.

Bei manchen Maschinen stehen geometrische Aufgaben im Vordergrunde, insbesondere die Fragen der geometrischen Bewegungslehre oder Kinematik, einer Wissenschaft, welche sich erst mit der Maschine im letzten Jahrhundert entwickelt hat und welche nur mit Raumgrössen arbeitet, die auch im alltäglichen Thun und Denken eine grosse Rolle spielen.

Die Kinematik wird oft noch als ein Teil der Mechanik behandelt. Diese Wissenschaft ist aber umfassender und schwieriger, da sie die unsichtbaren und immateriellen Grössen der Zeit und der Kraft sowie diejenige Grösse benützt, welche man Masse nennt, und welche eben-

falls den Vorstellungen des täglichen Lebens ferner liegt. Von der Mechanik macht der Maschineningenieur begreiflicher Weise den ausgedehntesten Gebrauch. Sie lehrt ihm die Kräfte ermitteln, welche in den einzelnen Gliedern einer Maschine auftreten, die Geschwindigkeiten, mit denen sie sich bewegen, lehrt untersuchen, unter welchen Umständen Gleichgewicht der Ruhe oder der Bewegung zu erwarten ist, wann und wo Beschleunigungen entstehen und welche Folgen dieselben für die Beanspruchung der Maschinenteile haben. Besondere Zweige der Mechanik beschäftigen sich mit den elastischen und flüssigen Körpern: Sie führen die Sondernamen, Elastizitätslehre und Hydraulik. Erstere umschliesst auch die Festigkeitslehre, die Lehre von den Grenzzuständen der Beanspruchung oder Formänderung, bei welchen die elastische Nachgiebigkeit aufhört und die — jedenfalls zu vermeidende — Bruchgefahr eintritt; letztere erstreckt sich auch auf die sogenannten elastischen Flüssigkeiten, die Gase und die Dämpfe, deren Wirkungen im Maschinenwesen eine grosse Rolle spielen und infolge der gewaltigen Kräfte, welche sie ausüben, der Rechnung sehr genau unterworfen werden müssen.

Bei der Mechanik der Gase kommt noch eine Grösse inbetracht, welche in den übrigen Teilen der Mechanik keine oder eine nur sehr untergeordnete Rolle spielt, die Wärme. Seit in der Wärme eine Energiegrösse erkannt und hierdurch eine ganz neue Auffassung inbezug auf das Wesen der Wärme und ihren Einfluss auf die Kraftwirkungen der Gase möglich geworden ist, hat sich dieser Teil der Mechanik unter dem Namen Mechanische Wärmetheorie, Thermodynamik oder Wärmemechanik einer abgetrennten Bearbeitung mehrfach zu erfreuen gehabt, deren Ergebnisse besonders für die Theorie der Wärmekraftmaschinen von grosser Wichtigkeit geworden sind; dann aber auch für die Kältemaschinen, jene Schöpfungen der letzten Jahrzehnte, mittelst deren das seltsame Resultat erzielt wurde, durch Verbrennen von Kohlen Eis, kalte Luft, überhaupt Abkühlung hervorzubringen, wennschon auf einem weiten Umwege.

Auch für die Lehre von der Reibung und die Bemessung reibender Flächen hat die Thermodynamik neue wichtige Gesichtspunkte geliefert. Durch Reibung wird mechanische Energie in Wärme verwandelt, und es ist Sache der Rechnung den reibenden

Flächen eine solche Grösse zu geben, dass ihre Erhitzung eine zulässige Grenze nicht überschreitet.

Während früher die Wärme ihre wissenschaftliche Erledigung unabhängig von der Mechanik in einem besonderen Abschnitte der Physik fand und finden konnte, haben Aufgaben des Maschinenwesens, aus denen die Thermodynamik ihre hauptsächlichste Nahrung empfangen hat, die Grenzlinie verschoben.

Auch die Gesetze der Wärmeleitung spielen im Maschinenwesen eine wichtige Rolle, teils in solchen Fällen, in denen die Leitung Zweck ist, wie bei Heizanlagen, z. B. auch bei Dampfkesseln, teils da, wo sie einen Energieverlust bedeuten würde und daher durch Wärmeschutzhüllen aus schlechten Wärmeleitern möglichst vermindert werden muss.

Seit dem überraschenden Aufblühen der Elektrotechnik findet die Elektricitätslehre die ausgedehnteste Anwendung im Maschinenwesen; ihre gründliche Kenntnis ist daher für den Maschineningenieur der Gegenwart unentbehrlich.

Auch auf das chemische Verhalten hat der Maschinenbau Rücksicht zu nehmen, teils, um chemische Veränderungen der Maschinenteile zu verhüten, teils, um chemische Prozesse planmässig herbeizuführen und zu leiten.

Bei Anwendung der Kenntnisse aus diesen verschiedenen wissenschaftlichen Gebieten, genügt es nicht die Erscheinungen beschreibend erklären zu können, sondern man muss imstande sein sie mit Mass und Zahl zu verfolgen, da sich in vielen Fällen die Abmessungen einer Maschine erst auf dieser Grundlage zuverlässig entwickeln lassen. Fast überall haben wir es dabei mit Grössen zu thun, welche nicht wie Markstücke abgezählt werden können, sondern mit sogenannten stetigen Grössen, zwischen denen naturgesetzliche Abhängigkeiten bestehen, die teils durch algebraische Funktionen ausgedrückt, teils durch Kurven dargestellt werden können. Je nachdem das eine oder das andere der Fall, eignet sich die Aufgabe mehr zur Anwendung der Differential- und Integralrechnung oder zur geometrischen Analyse. Erstere verdankt ihre Erfindung und bewundernswürdige Ausbildung der Astronomie, doch auch ihre Verwendung in den Hülfswissenschaften des Maschinenbaues hat zu ihrer Entwicklung beigetragen. Nicht selten versagen jedoch ihre Methoden, oder sie sind zu umständ-

lich und zeitraubend. Hier hat in vielen Fällen die geometrische Analyse, das graphische Rechnungsverfahren gute Erfolge erzielt.

So wichtig und unentbehrlich die Kenntnis der Hülfswissenschaften ist, so wäre es doch verfehlt, zu glauben, dass sie der wesentlichste Teil der maschinentechnischen Bildung sei. Alle diese Wissenschaften müssen in weitgehender Abstraktion gelehrt werden, oder, um einen modernen Ausdruck zu gebrauchen, in Reinkultur, teils aus pädagogischen Gründen, um die Aneignung des Stoffes durch die Entfernung von Nebendingen möglichst zu erleichtern, teils unter dem Zwange einer Notwendigkeit, da es unmöglich wäre, in dem für das akademische Studium verfügbaren Lebensabschnitt die abstrakten wissenschaftlichen Thatsachen in alle die praktischen Fälle zu verfolgen, in denen sie möglicher Weise dem Studierenden in seiner späteren Lebensarbeit begegnen können. Wo findet man auch den Lehrer, der imstande ist, vorahnend den Schleier der Zukunft zu durchbrechen, und die Aufgaben zu erkennen, mit denen die künftige Generation der Ingenieure sich wird zu beschäftigen haben? Wenn heute der junge Student sich aufs eingehendste mit dem Studium der Dampfmaschine befasst, wer kann ihm sagen, ob er später je in die Lage kommen wird, eine solche zu entwerfen. Schon Redtenbacher glaubte ihr nahes Ende vorhersagen zu dürfen; fast scheint es, als ob er im wesentlichen doch Recht behalten würde. Andererseits: wieviele Ingenieure sehen wir heute im Bau elektrischer Maschinen sich bethätigen, von denen sie während ihres Studiums nichts gehört haben, nichts hören konnten, weil es damals noch keine gab. Das Ende des Jahrhunderts hat in der leichten und billigen Herstellung flüssiger Luft nach Professor Linde den Keim technischer Umwälzungen auf den verschiedensten Gebieten gezeitigt, deren Folgen die Phantasie noch nicht ermessen kann. Ähnlich ist es mit dem Problem des freien und willkürlichen Fluges, welches seiner Lösung entgegenreift.

Angesichts dieses Nebels, der die Zukunft unseres Faches und das künftige Arbeitsgebiet des einzelnen Maschineningenieurs bedeckt, könnte uns fast Kleinmut beschleichen, fast möchten wir den Mediziner beneiden, der mit grosser Sicherheit erwarten darf, dass der menschliche Körper, den er heute studiert, auch in 50 Jahren noch die gleiche Beschaffenheit haben wird, macht es doch diese Sicherheit

möglich, das Arbeitsziel des Arztes mit viel grösserer Bestimmtheit und Ausschliesslichkeit schon während des Studiums ins Auge zu fassen und mit den Hilfslehren zu verknüpfen, als es in unserem Fache zulässig erscheint.

Es fehlt nicht an Bestrebungen, welche das Ziel des maschinentechnischen Hochschulunterrichtes in ähnlicher Weise auf das Nächstliegende beschränkt sehen möchten. Besonders den selbst auf höherer Stufe stehenden Ingenieuren der Gegenwart mag sich leicht dieser Wunsch aufdrängen. Sie können meist die zu ihnen kommenden jungen Absolventen der technischen Hochschule nicht sogleich mit Aufgaben beschäftigen, welche die tieferen und mit dem grössten Aufwand an Fleiss erworbenen Kenntnisse in Anspruch nehmen, während es nicht ausbleibt, dass in den zunächst beanspruchten einfacheren Leistungen die Gewandtheit und Raschheit zu wünschen übrig lässt. Das giebt Unzufriedenheit auf beiden Seiten, denn auch der junge Ingenieur wird oft aus vollem Herzen den Faustschen Seufzer mitempfinden:

„Was man nicht weiss, das eben brauchte man,
Und was man weiss, kann man nicht brauchen".

Dennoch kann die Hochschule sich durch diese immer und immer wieder gemachten Erfahrungen in der Verfolgung weiterer Ziele nicht beirren lassen. Lernjahre sind keine Herrenjahre, aber sie gehen vorüber. Fehlt es auch nicht an schwachen Naturen, die sich ein übereiltes Wort ihres Vorgesetzten zu Herzen nehmen, das ihnen den Rat gab, möglichst schnell zu vergessen, was sie an der Hochschule gelernt haben, das Emporblühen der deutschen Maschinenindustrie mit den technischen Hochschulen im letzten Jahrhundert, zeigt, dass es in den deutschen Landen immer eine hinreichende Anzahl begabter Jünger des Maschinenbaues gegeben hat, welche die Kinderkrankheiten ihres Berufs leicht überwinden und sich bald zu der Stufe technischen Schaffens erheben konnten, für welche ihr geistiges Rüstzeug bestimmt war.

Eines darf allerdings selbst bei der abstraktesten Behandlung eines Lehrstoffes an den technischen Hochschulen nicht versäumt werden, der Hinweis auf die Anwendung und die Bekämpfung des Irrtums, eine Wissenschaft habe ihr Ziel in sich, sie werde betrieben

um ihrer selbst willen. Muss es auch jeder Wissenschaft wie der Pflanze überlassen bleiben, Triebe zu entwickeln, wo Triebkraft sich zeigt, wenn auch ein Nutzen nicht sogleich erkennbar ist; bestünde nicht die Möglichkeit und die Hoffnung, dass durch freies Wachstum ein brauchbares Ganzes entsteht, die Pflanze wäre ein Unkraut, unwürdig der Pflege, die ihm zuteil wurde, der Sonne, die es bescheint.

Hier wird eine Frage berührt, durch deren unrichtige Beantwortung ein scheinbarer Gegensatz zwischen den Universitäten und den technischen Hochschulen konstruiert worden ist. Auch die Universitäten treiben keine Wissenschaft um ihrer selbst willen, wenigstens werden sie nicht dazu erhalten. Überall hofft man auf Früchte, und jedes wissenschaftliche Unternehmen, welches nicht wenigstens in der Ferne auf einen Nutzen, auf Beeinflussung menschlichen Thuns abzielt, würden selbst die abstraktesten Gelehrten als ein Spiel des menschlichen Geistes bezeichnen. Gäbe es wohl eine Heilkunde ohne den kranken Körper, eine Rechtswissenschaft ohne den Streit der Parteien, eine Theologie ohne den Einfluss der Religion auf die Gestaltung irdischer Dinge?

In den maschinentechnischen Spezialvorlesungen wird die Anwendung der verschiedenen Hilfswissenschaften an Beispielen gezeigt, bei deren Auswahl zwar auf ihre praktische Wichtigkeit Rücksicht genommen wird, welche aber auch ohnedies ihren Zweck erfüllen können. Aber wie der bildende Künstler nicht durch das Studium der Kunstgeschichte, der Anthropologie u. s. w. sondern erst durch Übung im künstlerischen Schaffen zum freien Gebrauch seiner Kräfte gelangt, so kann auch die gestaltende Kraft des Maschineningenieurs nur durch Übung, nur im beständigen Kampfe zwischen dem geistigen Bild und der widerspenstigen Materie allmählich heranreifen. Solche Übungen nehmen daher schon im Unterricht an den technischen Hochschulen einen breiten Raum ein.

Hier tritt unter systematischer Leitung des Lehrers das Bild der Wirklichkeit als Aufgabe an den Schüler heran und stellt Fragen der verschiedensten Art, zu deren Beantwortung er genötigt wird, seine Vorräte an wohlgeordnetem Wissen anzuzapfen, seine Kollegheftе aufzuschlagen, die Tragweite seiner Kenntnisse mit gesteigertem Selbstvertrauen wahrzunehmen und, wo sich Lücken zeigen, zur Ausfüllung derselben durch weiteres Studium Anregung zu empfangen.

Hinsichtlich des Zeitumfanges, welcher planmässig diesen Übungen eingeräumt wird, können die Meinungen auseinandergehen. Zwischen der einen Ansicht, dass die Einübung vollständig der Schule des Lebens überlassen werden könne und der anderen, dass die volle Selbständigkeit und Gewandtheit an der Hochschule heraus zu bilden sei, liegt ein breiter Zwischenraum von Möglichkeiten. Die richtige Mittellinie wird nicht für alle Studierende den gleichen Verlauf haben, und es wird sowohl der Berufserfahrung des Lehrers wie der Einsicht des Schülers überlassen bleiben müssen, die rechte Wahl zu treffen, die gewährte Studienfreiheit richtig auszunützen. Je grösser aber die Begabung des Einzelnen ist, je höher die Ziele sind, welche er für die Lebensarbeit in Aussicht nehmen darf, um so mehr sollte die Studienzeit der wissenschaftlichen Belehrung gewidmet werden. Was in dieser Hinsicht hier versäumt wird, kann später selten nachgeholt werden. Hierauf hat schon Redtenbacher hingewiesen, und die Maschinenbauabteilung unserer Hochschule ist ihm treu geblieben, indem sie noch immer die wissenschaftliche Durchbildung als die wichtigste Aufgabe der Hochschule auffasst, als das unmittelbare, das erreichbare Ziel des Unterrichts.

Hiermit soll nicht gesagt sein, dass die materiellen Erfolge mit dem aufgenommenen Wissen immer — besonders in den ersten Jahren — gleichen Schritt halten. Die Erfahrung würde dem in vielen Fällen widersprechen. Mit dem Eintritt in die Praxis gewinnen Eigenschaften Geltung, welche auf der Schule wenig hervortreten und umgekehrt. Die Schule des Lebens beginnt ihre Erziehung und entwickelt die Persönlichkeit. Sie verfährt nicht mehr systematisch, nicht pädagogisch, und oft ist es recht schwer, ihre Lektionen, ihre Rätsel zu begreifen. Aber wer ihre Sprache versteht, wer an Misserfolgen lernt, ohne entmutigt zu werden und im Erfolge sich zu neuer Anstrengung gespornt fühlt, dem werden die Kräfte wachsen, und seine Werke werden ihn auf die Höhen der Menschheit führen.

So war der Weg, den die meisten Erfinder gegangen sind. So war aber auch der Weg derjenigen, die den Werken der Technik zu wirtschaftlicher Bedeutung verhalfen, der Begründer und Leiter grosser industrieller Werke, der mutvollen Unternehmer umfangreicher technischer Ausführungen, der Führer im Kampfe der Völker um

Arbeit und Brot. Gar manches mussten sie in der Schule des Lebens lernen, was keine Schule und keine Hochschule lehren kann.

Je grösser die Anforderungen werden, welche an die Intelligenz, an die allgemeine und an die spezielle Berufsbildung der Angehörigen unseres Faches gestellt werden müssen, umso grössere Berechtigung erlangt der Wunsch, den Redtenbacher oft ausgesprochen hat, es möchten namentlich junge Männer von hervorragender Begabung sich dem Maschinenbau zuwenden. Aber noch sind die Standesvorurteile, mit denen seine Zeit zu kämpfen hatte, nicht ganz besiegt. Noch immer giebt es Familien, in denen man für den begabten Sohn eine Erniedrigung darin erblickt, wenn er, seiner Neigung folgend, sich dem Maschinenbau zuwendet. Man staunt wohl die Fortschritte der Technik gelegentlich an, es fehlt aber alle Berührung mit dem geistigen Teil der im Maschinenbau zu leistenden Arbeit, daher auch jede Gelegenheit, die alten Vorurteile zu berichtigen, die im Maschinenbauer nur den Handwerker erblicken.

Je mehr es gelingt, das Ansehen zu steigern, welches der Stand der Ingenieure auch bei uns geniesst, je mehr hervorragende Geisteskräfte er anzuziehen vermag, um so stolzer wird sich der deutsche Maschinenbau entwickeln können und mit ihm die deutsche Industrie, von deren Leistungen die innere Grösse unseres Vaterlandes, sein Wohlstand und seine Wehrhaftigkeit zu Wasser und zu Lande in so hohem Masse abhängen.

Dieses Ziel ist es, durch welches die Bestrebungen nach äusserer Anerkennung, wie sie in Fachvereinen und in den Kreisen der studierenden Jugend seit langem betrieben werden, ihre innere Berechtigung empfangen. Mag auch mancher dabei ein näher liegendes, mehr persönliches Ziel im Auge haben, hier fällt das Wohl des Einzelnen mit dem Gesamtwohl der staatlichen Gemeinschaft zusammen. Deshalb dürfen die Lehrkörper der technischen Hochschulen solche Bestrebungen wärmstens unterstützen und sich jedes Erfolges freuen, ist doch die Gefahr noch sehr weit entfernt, dass verlockende Äusserlichkeiten in der Reihe der Gründe für die Wahl des maschinentechnischen Berufs zu ungebührlichem Einfluss gelangen und diese Hallen mit ehrgeizigen Strebern füllen könnten.

Aber selbst, wenn dies geschehen sollte, so wird die Maschine durch ihr Beispiel die falschen Ideale an den Pranger stellen, sie,

deren Wert so wenig durch äusseren Glanz bedingt wird, deren Tüchtigkeit in der Form ihrer Glieder, in ihrer Bildung begründet ist, die immer geschäftige, die ihre Umgebung zu rastloser Thätigkeit anfeuert.

Nur wer diesem Beispiel nicht zu folgen vermag, wem die hohe Fähigkeit selbstloser Hingebung an den technischen Beruf abgeht, wer seine Lasten nicht tragen will, der bleibe ihm fern. Denn selbst im Glanze von Titeln und Ehren wird er vergebens nach wahrem Erfolg, nach innerer Befriedigung suchen.

Ihr aber, meine jungen Freunde, die Ihr diesem Hause naht, erzogen in deutschem Geiste, erfüllt von deutschen Idealen, Ihr seid die Hoffnung für die weitere Blüte der deutschen Technik. Nehmt auf in Euren Herzen ein Idealbild Eures künftigen Berufs, haltet es rein von Flecken und seid eifrig bemüht, seine Würde und Schönheit zu mehren, dass es Euch immer lieber werde und mit wohlthätigem Zwang die rechte Bahn Euch weise in den Jahren Eures Studiums und darüber hinaus an allen Kreuzwegen des künftigen Berufslebens.